



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم -



Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES

N° d'ordre : M2.... / GP/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER
ACADEMIQUE

Filière : Génie des Procédés

Option : Génie Chimique

Thème

**Optimisation de la qualité du propane de la
section de fractionnement du gaz naturel au**

Présenté par :

- 1. BENKRADDA Linda**
- 2. TEKOUK Hadria**

Soutenue le 25./06./ 2020 devant le jury composé de :

Présidente :	MAROUF Kheira	Pr	Université de Mostaganem
Examineur :	AGUEDAL Hakim	MCB	Université de Mostaganem
Encadrant :	MEROUANI Djilali Redha	Pr	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2019/2020

Remerciement

Je remercie dieu de nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Je remercie mon encadreur Dr.MEROUANI Djilali Redhapour son aide, son encouragement et sa patience, ainsi pour ces orientations et ses conseils judicieux.

Nous remercions très vivement Pr MAROUF K. pour l'honneur qu'elle nous fait d'avoir acceptée de présider le jury et nos considérations les plus distinguées au Dr AGUEDAL H pour avoir accepté d'examiner notre modeste travail.

Nos remerciements et pensées vont également aux personnels du département de production qui nous a accueillis au sein du complexe GL3/Z, pour leurs encouragements et leurs aides.

Et nous n'oublions pas tous les enseignants de département génie procédé.

Nous remercions très chaleureusement toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Avant tout c'est grâce à dieu que je suis arrivée la.

Je dédie ce travail à,

❖ *A la mémoire des mes parents paternels que dieu*

Les accueils dans son vaste paradis

❖ *Mes frères Cherif et Mohamed*

❖ *Mes sœurs souad, fatima et rabia*

❖ *Atous mes amies et surtout Abrar, Chaimaa et Abbas*

Dédicace

Avant tout c'est grâce à dieu que je suis arrivée la.

Je dédie ce simple travail à mes chers parents qui m'ont encouragé à donner le meilleur de moi-même, et qui m'ont donné les moyens d'être qui je suis aujourd'hui.

*Je dédie à mes sœurs **farida, kaltoum, karima** et mes frère **amer , hadje, charef.***

A tout mes amies et tout la famille BENKRADDA

RESUMER

Dans ce travail, nous présentons une étude d'optimisation de la qualité du propane de la section du fractionnement du gaz naturel au niveau du complexe GL3/Z.

La réalisation de cette optimisation a été menée à l'aide du logiciel de la simulation HYSYS.V9 en utilisant le modèle thermodynamique Peng-Robinson qui est un modèle adéquat pour l'étude du comportement des gaz.

Notre procédure de simulation a été validée en comparant les résultats obtenus par notre simulation avec les données du design. Donc on fait une optimisation des paramètres de fonctionnement des colonnes Déethaniseur, Dépropaniseur pour avoir la qualité de propane optimale sans impact la section de la réfrigération.

المخلص

في هذا العمل، نقدم دراسة لتحسين جودة البروبان في قسم التجزئة للغاز الطبيعي في مجمع GL3 / Z. تم تنفيذ هذا التحسين باستخدام برنامج المحاكاة HYSYS.V9 باستخدام نموذج Peng-Robinson الديناميكي الحراري الذي يعتبر نموذجًا مناسبًا لدراسة سلوك الغازات. تم التحقق من صحة إجراء المحاكاة الخاص بنا من خلال مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من خلال محاكاة لدينا مع بيانات التصميم. لذا نقوم بتحسين معلمات التشغيل لأعمدة Deethanizer، Depropanizer للحصول على جودة البروبان المثلى دون التأثير على قسم التبريد.

ABSTRACT

In this work, we present a study to optimize the quality of propane in fractionation section of natural gas at the GL3/Z complex.

This optimization was carried out using the HYSYS.V9 simulation software using the Peng-Robinson thermodynamic model which is an adequate model for the study of the behavior of gases.

Our simulation procedure was validated by comparing the results obtained by our simulation with the design data. So we make an optimization of the operating parameter of the deethanizer, depropanizer columns to have the optimal propane quality without impacting the refrigeration section.

Liste des figures

Figure I-1 : Emplacement de l'Usine GNL-3Z	3
Figure II-2: Maquette 3D de la vue d'ensemble de l'usine GL3/Z.....	5
Figure I-3: pro cous gaz récupération jusqu'à l'expédition (cas usine GNL3/Z)	7
Figure I-4: Schéma fonctionnel général GNL.....	13
Figure II-1: Vu d'ensemble de la Récupération et Fractionnement des GNL	16
FigureII-2: Schéma du Déméthaniseur	18
Figure II-3: schéma simplifier du Dééthaniseur	19
Figure II-6L'unité de Réfrigération, Stockage et Chargement de GPL.....	24
Figure II-7: PFD de la simulation section de réfrigération	27
Figure II-8 : PFD de la simulation section de fractionnement (Dééthaniseur /Dépropaniseur)	29

Liste du tableau

Tableau I-1:condition du gaz d'alimentation entrant	6
Tableau II-2: Composition du Gaz d'Alimentation	6
TableauII-1:Conditions Limites de Batterie de Procédé de l'Unité	17
TableauII-3: Débit (composition du C4) du Courant d'Alimentation de GPL (Unité 72)	23
Tableau II-4: comparaison entre cas désigne et cas désigne simulé des courants entrants et sortants de GPL dans la section de réfrigération cas design	28
Tableau II-5 : comparaison entre cas désigne et cas désigne simulé des courants entrants et sortants de GPL dans la section de réfrigération.....	28
Tableau II-6: comparaisons entre les cas désigne et le cas désigne simulé des courants entrants et sortants de GNT dans la Colonne Dépropaniseur	30
Tableau II-7: comparaisons entre les cas désigne et le cas désigne simulé des courants entrants et sortants de GNT dans la Colonne Dééthaniseur.....	31
Tableau II-8 : Variation du C3 et C2(% molaire)dans la section de la réfrigération	32
Tableau II-9: Variation du la température au fond de la colonne Dééthaniseur	33

Table de matière

REMERCIEMENT	I
DEDICACE	II
DEDICACE	III
RESUMER	IV
LISTE D'ABREVIATION	IX
INTRODUCTION GENERALE	XI
I.1. INTRODUCTION :	3
I.2. EMPLACEMENT DE L'USINE :	3
I.2.1. FICHE TECHNIQUE DE GL3/Z :	4
I.2.2. CAPACITE DE L'USINE :	5
I.2.3. TECHNOLOGIE GNL :	6
I.2.3.1. DESCRIPTION DES UNITES :	7
I.2.3.1.1. UNITES DES UTILITES :	7
a) Unité 01 : Installation d'entrée :	7
b) Unité 02 : Stockage de l'Amine	8
c) Unité 08 : Stockage de l'Huile Chaude	8
d) Unité 51 : Génération d'énergie	8
e) Unité 53 : Système du Générateur Diesel d'Urgence	8
f) Unité 56 : Système d'Air Instrument et d'Air Service	8
g) Unité 55 : Système Commun de Gaz Combustible	9
h) Unité 57 : Système d'Azote	9
i) Unité 59 : Système d'Eau Déminéralisée et de Service	9
j) Unité 58 : Système d'Eau Potable	9
I.2.3.1.2. UNITES DE PROCEDE :	9
1) Unité 11 : Conditionnement du Gaz d'Alimentation	9
2) Unité 12 : Élimination du CO ₂	10
3) Unité 13 : Déshydratation de Gaz	10
4) Unité 17 : Récupération des GNL et Fractionnement	10
5) Unité 15/16 : Liquéfaction et réfrigération	11
6) Unité 14 : Système du Gaz Combustible (Train 1)	11
7) Unité 18 : Système de l'Huile Chaude	12
8) Unité 19 : Système de Refroidissement à l'Eau	12
I.2.3.1.3. UNITES OFF-SITES :	12
a) Unité 71 : Système de stockage et de chargement de GNL	12
b) Unité 72: Réfrigération, stockage et chargement de GPL	12
c) Unité 75: Système de torche	12
d) Unité 73: Stockage du réfrigérant	13
e) Unité 76 : Système de stockage de la gazoline	13
I.3. DESCRIPTION DE PROCEDE :	13
CHAPITRE II :	15
PARTIE PRATIQUE	15
II.1. INTRODUCTION :	16
LES CONDITIONS DES LIMITES DE SORTIE ET D'ENTREE DE BATTERIE D'ECHANGEURS SONT EN TABLEAU 1 :	17

TABLEAU II-1: CONDITIONS LIMITES DE BATTERIE DE PROCÉDE DE L'UNITE	17
II.2. DESCRIPTION DU PROCÉDE :	18
II.3. L'UNITE DE REFRIGERATION	21
II.4. DESCRIPTION DU PROCÉDE	23
II.4.1. SECTION DE REFRIGERATION DU GPL :	23
II.4.2. SYSTEME DE STOCKAGE ET CHARGEMENT DU GPL :	26
II.5. PROBLEMATIQUE	26
II.6. SIMULATION DU PROCÉDE DE REFRIGERATION, STOCKAGE ET CHARGEMENT : ...	27
II.6.1. SIMULATION DE L'UNITE 72 :	27
II.7. CONDITIONS OPERATOIRES DES COURANTS ENTRANTS ET SORTANTS DE GPL DANS LA SECTION DE REFRIGERATION :	27
II.7.1. SIMULATION DE LA SECTION DE FRACTIONNEMENT DES GAZ NATUREL TRAITE :	29
II.8. CONDITIONS OPERATOIRES DES COURANTS ENTRANTS ET SORTANTS DE GNT DANS LA SECTION DE FRACTIONNEMENT :	30
II.9. PRESENTATION DU PROJET :	32
II.9.1. ETUDE INFLUENCE DE LA QUALITE DU PROPANE SUR FONCTIONNEMENT D'UNITE 72(REFRIGERATION, STOCKAGE ET CHARGEMENT DE GPL) :	32
II.9.2. AJUSTEMENT LES PARAMETRES DE LA COLONNE DEETHANISEUR ET DEPROPANISEUR POUR AVOIR LE PROPANE OPTIMAL :	33
BIBLIOGRAPHIE.....	36
ANNEXES :	37

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	I
DEDICACE	II
DEDICACE	III
RESUMER	IV
LISTE D'ABREVIATION.....	IX
INTRODUCTION GENERALE	XI
I.1. INTRODUCTION :.....	3
I.2. EMPLACEMENT DE L'USINE :	3
I.3. DESCRIPTION DE PROCEDE :	13
CHAPITRE II :	15
PARTIE PRATIQUE	15
II.1. INTRODUCTION :.....	16
LES CONDITIONS DES LIMITES DE SORTIE ET D'ENTREE DE BATTERIE D'ECHANGEURS SONT EN TABLEAU 1 :	17
II.2. DESCRIPTION DU PROCEDE :	18
II.3. L'UNITE DE REFRIGERATION	21
II.4. DESCRIPTION DU PROCEDE	23
II.5. PROBLEMATIQUE	26
II.6. SIMULATION DU PROCEDE DE REFRIGERATION, STOCKAGE ET CHARGEMENT : ...	27
II.7. CONDITIONS OPERATOIRES DES COURANTS ENTRANTS ET SORTANTS DE GPL DANS LA SECTION DE REFRIGERATION :	27
II.8. CONDITIONS OPERATOIRES DES COURANTS ENTRANTS ET SORTANTS DE GNT DANS LA SECTION DE FRACTIONNEMENT :	30
II.9. PRESENTATION DU PROJET :	32
BIBLIOGRAPHIE.....	36
ANNEXES	37

Liste d'abréviation :

GNL	Gaz naturel liquéfié
GPL	Gaz pétrolier liquéfié
APCI	Air Product Chemical Inc's
MDEA	Méthyl-diéthanolamine
HP	Haut pression
BP	Base pression
MCHE	l'Échangeur Principal de Chaleur Cryogénique
PR	Propane réfrigérant
MR	Mixte réfrigérant
17-MC01A/B	Rebouilleur Latéral du Déméthaniseur
17-MC21	Rebouilleur du Déméthaniseur
17-MC24	Refroidisseur de Propane MP / Gaz d'Alimentation Traité
17-MC25	Refroidisseur de Propane BP / Gaz d'Alimentation
17-MD18	Ballon de Détente du Déméthaniseur
17-MJ01	Compresseur du Turboexpandeur
17-MC02	Boîte Froide de Récupération des NGL
17-MC27	Refroidisseur à Propane BP / Reflux d'Éthane
17-MD01	Déméthaniseur
17-MJ03	Compresseur de Gaz Résiduel
17-MJ03-GT	Turbine du Compresseur de Gaz Résiduel
17-MC03	Refroidisseur de Sortie du Compresseur de Gaz Résiduel
17-MD02	Dééthaniseur
17-MC07	Rebouilleur du Dééthaniseur
17-MC08	Condenseur du Dééthaniseur
17-MD03	Ballon de Reflux du Dééthaniseur
17-MJ05A/B	Pompes de Reflux du Dééthaniseur
17-MD04	Dépropaniseur
BOG	Gaz évaporé
M6 et D1	Système chargement
72-MF01	Réservoir de Stockage de Butane
72-MF02	Réservoir de Stockage de Propane
72-MD01	Accumulateur de Propane Liquide
72-MD03	Ballon d'Aspiration du Compresseur de Gaz Evaporés de Propane BP
72-MD04	Ballon d'Aspiration du Compresseur de Gaz Evaporés de Propane HP
72-MJ01-A/B	Pompes de Transfert de Butane
72-MJ02-A/B	Pompes de Transfert de Propane
72-MJ03-A/B	Pompes de Recirculation de Propane
72-MJ04-A/B	Pompes de Recirculation de Butane
72-MJ06-A/B	Pompes de Transfert de Propane
72-MJ13-A/B	Pompes de Circulation du Compresseur de Gaz Evaporés (BOG) de l'Accumulateur de Propane
72-MC01	Condenseur des Vapeurs du Réservoir de Stockage Propane

72-MC03	Echangeur HP Propane/Butane
72-MC04	Echangeur BP Propane/Butane
72-MJ09-A/B	Ensemble du Compresseur de Gaz Evaporés (BOG)du Réservoir de Stockage de Propane1 ^{er} Etage
72-MJ09-A-MD01	Tour de Lavage d’Huile de Lubrificationpour Compresseur 1 ^e Etage
72-MJ09-B-MD01	Tour de Lavage d’Huile de Lubrificationpour Compresseur 1 ^{er} Etage
72-MJ10	Ensemble du Compresseur de GazEvaporés (BOG) du Réservoir de Stockage de Propane 2 ^e Etage
DC3	Dépropaniseur
DC2	Dééthaniseur

Introduction générale

Introduction générale

Introduction Générale

Aujourd'hui, la plus part d'énergie utilisée dans le monde provient des gisements des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz) ou d'uranium, constitués au fil des âges et de l'évolution géologique. L'énergie est un facteur essentiel du développement économique et social de notre société. Les réserves de pétrole et de gaz naturel sont inégalement réparties et se trouvent pour une large part dans des régions éloignées des principales régions de consommation. En effet, la consommation de combustibles fossiles a eu néanmoins des conséquences néfastes sur l'environnement, d'abord à l'échelle locale, puis à l'échelle globale.

Le gaz naturel joue un rôle énergétique croissant ; l'importance de ses réserves et les avantages qu'il présente sur le plan de l'environnement favorisent son utilisation. Du gisement aux méthaniers, le gaz naturel subit une série de pré traitement in site du gisement pour faciliter son transport via pipelines et une autre série de traitement pour son traitement via les méthaniers.

Le complexe GL3/Z fait partie d'une série de projets de gaz intégrés de plus grande envergure, créés par SONATRACH en Algérie, impliquant le développement des réserves de champs de gaz dans le Bassin de Berkine, la construction d'un système de gazoduc et d'une nouvelle unité d'usine GPL dans la zone industrielle portuaire El Djedid à Arzew. Après traitement, la liquéfaction permet de condenser le gaz naturel en GNL en réduisant son volume d'un facteur de près de 600 pour un même pouvoir calorifique.

En parallèle du GNL, le complexe GL3/z commercialise le propane liquide, étant un sous-produit de fractionnement du gaz naturel. La charte commerciale de la vente du propane exige un mélange gazeux de l'ordre de 98%. Cependant, actuellement le complexe GL3/z commercialise un propane d'une pureté de 99,67 % pour le même prix. Dans ce contexte, notre thème a pour but l'optimisation de cette qualité d'une façon à rapprocher à la demande des clients en gagnant en quantité de propane. Le mémoire s'articule sur deux chapitres majeurs, le premier chapitre est une description du complexe GL3/z ainsi que ses procédés, le second regroupe la problématique, et ajustement des paramètres des colonnes de fractionnement (déméthaniser et dépropaniser) via le simulateur Aspen HYSYS.

Chapitre I :

Synthèse Bibliographique

I.1. Introduction :

Le complexe GNL-3Z est une filiale de la compagnie algérienne d'hydrocarbures la SONATRACH, impliquant le développement des réserves de champs de gaz dans le Bassin de Berkine (Algérie centre-orientale), la construction d'un système de gazoduc et d'une nouvelle unité d'Usine GPL dans la zone industrielle portuaire El Djedid à Arzew.

Le gaz naturel liquéfié produit dans l'usine de GNL est exporté vers les marchés internationaux, tandis que les composants plus lourds, comme le GPL et la gazoline, dont la valeur ajoutée est plus élevée, sont extraits séparément pour l'exportation.

Le gaz éthane est exporté séparément, tout en satisfaisant la consommation interne du train, par exemple la réintégration de la réfrigérante et éventuelle injection d'éthane dans le gaz combustible. Le flux de gaz riche d'hélium est disponible à un raccordement pour l'extraction future de l'hélium. Le propane /butane est disponible à un raccordement pour la connexion aux installations de stockage du GP1Z.

I.2. Emplacement de l'Usine :

Le Site de l'Usine se trouve sur la Côte Méditerranéenne à Bethioua, à l'Est d'Arzew, dans la zone du port industriel d'Arzew El Djedid ; son étendue est de 54,6 ha.

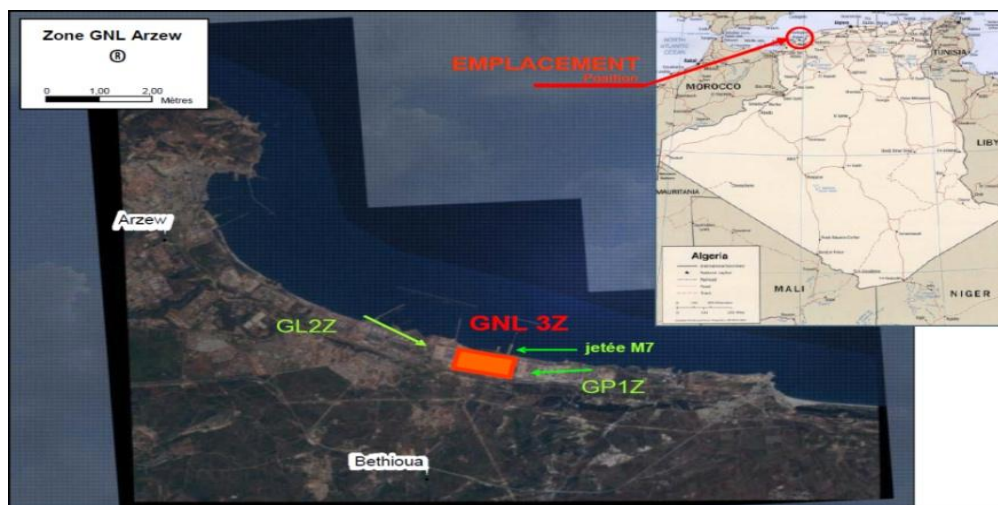


Figure I-1 : Emplacement de l'Usine GNL-3Z

L'usine de GP1Z se trouve à la limite Est du site, tandis que l'usine de désalinisation (KHARAMA) et l'usine GL2Z existante se trouvent à la limite Ouest. La Mer méditerranée et la route du port se trouvent au nord du site, alors que la route principale de la zone industrielle se trouve au sud.

1.2.1. Fiche technique de GL3/Z :

- Disponibilité de l'usine : 330 jours par an.
- Objet : Liquéfaction et séparation des composants lourds du gaz naturel.
- Capacité de production : 4,7 millions de tonnes par an.
- Procédé utilisé : Air Product ChemicalInc's (APCI).
- Produits : GNL, éthane, propane liquide, butane liquide, gazoline.
- Constructeur : le consortium Snam-Progetti (Italie) et Chyoda (Japon).
- Nombre de trains : 1 train unique avec prévision de construire un second train similaire.
- Capacité de stockage : Deux réservoirs de GNL à rétention totale d'une capacité de 160000 m³ chacun. Les GPL (propane et butane) sont stockés dans des réservoirs de rétention totale séparés de 56 000 m³ pour le propane et 12 000 m³ pour le butane. La gazoline produite est stabilisée puis stockée dans une sphère d'une capacité de 1800 m³.
- Destination de la production : Les produits finis sont destinés à l'exportation et au marché national.

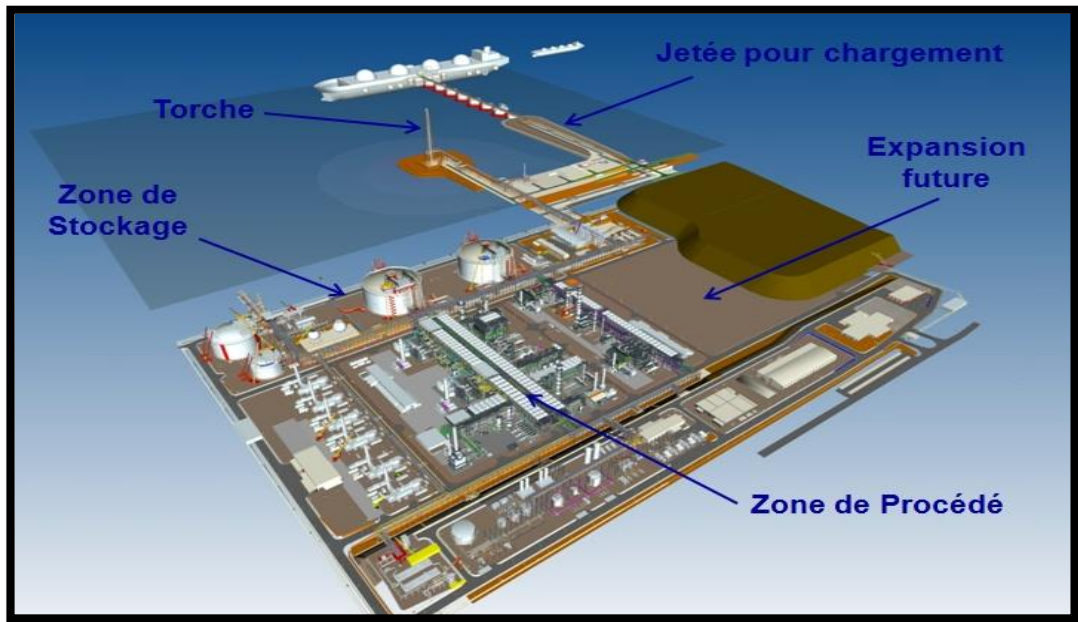


Figure II-2: Maquette 3D de la vue d'ensemble de l'usine GL3/Z.

I.2.2. Capacité de l'usine :

L'usine est conçue pour fonctionner avec différentes compositions du gaz d'alimentation. Trois cas ont été pris en compte pendant la phase de conception :

- ✓ **Cas de Base** : Le gaz à masse moléculaire intermédiaire, l'usine produit 4,7 millions de tonnes par an de GNL à 21°C.
- ✓ **Cas Riche** : Le gaz à masse moléculaire élevée, utilisé pour dimensionner le fractionnement et les unités de récupération du GPL, l'usine produit 4 millions de tonnes par an de GNL.
- ✓ **Cas Pauvre** : Le gaz à masse moléculaire basse, utilisé pour dimensionner les parties associées à l'end-flash, l'usine produit 4 millions de tonnes par an de GNL.

Le gaz d'alimentation de l'usine GNL3 provient d'un pipeline, en dehors du réseau de distribution de gaz national de SONATRACH. Les conditions du gaz d'alimentation entrant sont les suivantes :

Tableau I-1:condition du gaz d'alimentation entrant

Paramètre	Minimum	Maximum
Pression (bar)	42	49,6
Température (°C)	0	38

La spécification du gaz d'entrée vers l'usine GNL a les caractéristiques suivantes :

Tableau II-2: Composition du Gaz d'Alimentation

COMPOSANTS : % mol	BASE	LOURD	LÉGER
Hélium	0,0700%	0,0000%	0,1000%
Azote	1,1799%	0,2000%	5,5296%
Méthane	84,1944%	83,6144%	85,8642%
Ethane	10,1893%	11,9992%	5,9996%
Propane	1,9999%	2,7298%	0,5000%
Isobutane	0,1400%	0,3000%	0,0000%
Normal-Butane	0,1900%	0,5100%	0,0000%
Iso-Pentane	0,0200%	0,1100%	0,0000%
Normal-Pentane	0,0100%	0,1200%	0,0000%
Normal-Hexane+	0,0000%	0,1100%	0,0000%
Dioxyde de Carbone	1,9999%	0,3000%	1,9999%
Eau	50 ppm	50 ppm	50 ppm
Teneur en Mercure	50 µg/Nm ³	50 µg/Nm ³	50 µg/Nm ³

I.2.3. Technologie GNL :

La sélection technologique commence à un stade précoce de la vie de la centrale de base GNL et s'adresse généralement à une étude de faisabilité et aux stades de définition de pré alimentation. Des étapes à suivre doivent être choisies en ce qui concerne le procédé, les utilités et les unités off site de l'usine, qui comprennent les technologies brevetées et non brevetées. Cela s'applique également à la partie en amont de la chaîne, qui alimente en gaz l'usine.

Il faut identifier des options potentielles et établir un critère d'évaluation. La sélection peut se réaliser selon les technologies de traitement alternatives pour les unités de fonctionnement, selon le type de l'équipement principal ou les schémas des utilités. Ce

paragraphe présente un aperçu du procédé GNL et une introduction aux procédés disponibles pour la section de liquéfaction d'une installation de base GNL.

I.2.3.1. Description des unités :

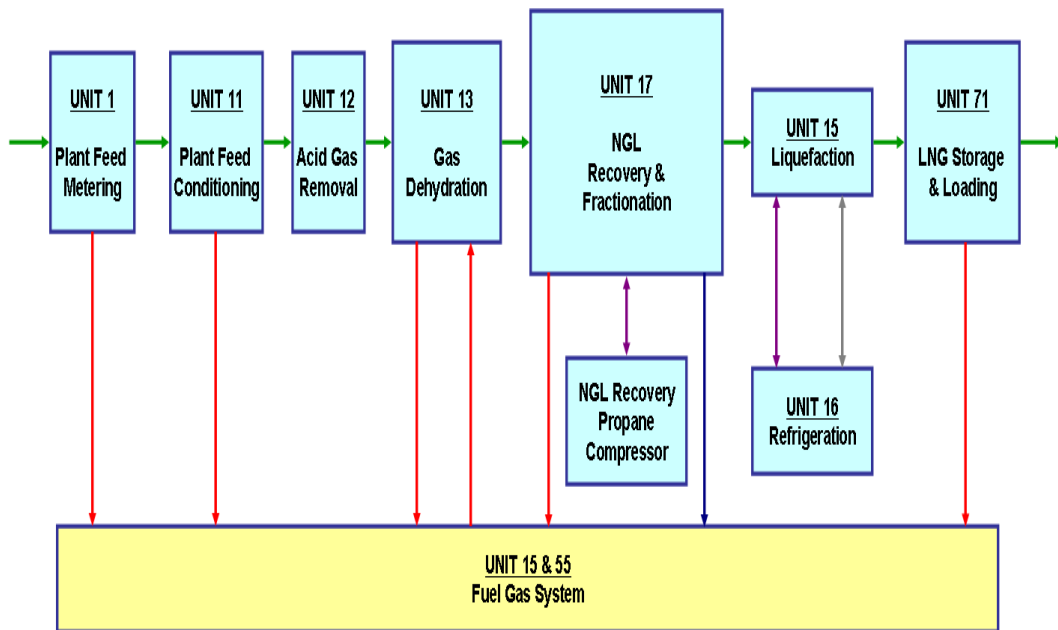


Figure I-3: pro cous gaz récupération jusqu'à l'expédition (cas usine GNL3/Z)

I.2.3.1.1. Unités des utilités :

a) Unité 01 : Installation d'entrée :

L'installation de télémessure du Gaz d'Alimentation est conçue pour mesurer le gaz d'alimentation et comprend un skid de comptage, un abri d'analyse et une armoire de commande.

Le pipeline de gaz naturel alimente l'Usine GNL/3Z d'Arzew en entrant dans les Installations d'entrée (Unité 01) avant d'alimenter les sections de récupération et de liquéfaction du GNL.

b) Unité 02 : Stockage de l'Amine

La Fonction des Installations Communes – Système de Stockage du Solvant d'élimination du Gaz Acide est de :

- Alimenter l'amine méthyle diéthylamide activé (aMDEA) vers l'élimination du Gaz Acide, Unité 12
- Avoir la capacité suffisante pour contenir le solvant si l'unité nécessite d'être vidée.

c) Unité 08 : Stockage de l'Huile Chaude

Le Système de Stockage de l'Huile Chaude fournit le support aux systèmes de réchauffement de l'huile chaude combinée pour le GNL et le Fractionnement. Le Système de Stockage d'Huile Chaude fournit les installations nécessaires au remplissage initial et à l'appoint du Système d'Huile Chaude (Unité 18) dû à la dégradation du fluide et au drainage.

d) Unité 51 : Génération d'énergie

Le Système des Générateurs d'énergie à Turbine à Gaz fournit l'électricité nécessaire au train GNL et à ses unités des utilités et off-sites. Pendant le fonctionnement normal, les turbines à gaz sont la seule source d'électricité pour les trains GNL et leurs installations off-sites et utilités.

e) Unité 53 : Système du Générateur Diesel d'Urgence

Le Système Générateur Diesel d'Urgence est conçu pour recevoir, stocker et distribuer le diesel aux utilisateurs de l'Usine

f) Unité 56 : Système d'Air Instrument et d'Air Service

Le Système d'Air Instrument et d'Air Service est conçu pour supporter le fonctionnement de deux trains GNL. L'air comprimé non-séché est utilisé pour la distribution d'air à l'usine.

L'air sec est utilisé pour la distribution aux Utilisateurs de l'air instrument.

g) Unité 55 : Système Commun de Gaz Combustible

Le Système Commun de Gaz Combustible est conçu pour alimenter et distribuer le gaz combustible HP à 24,5 bar et le gaz combustible BP à 5 bar à :

- Utilisateurs communs en dehors des trains GNL.
- Utilisateurs à l'intérieur des trains GNL quand leur installations dédiées

(Unités 14 ou 24) sont offline.

h) Unité 57 : Système d'Azote

Le Système d'Azote est conçu pour fournir l'Azote à l'usine GNL3/Z. Bien que l'équipement soit conçu pour un train GNL, la pipe de distribution est conçue pour le débit des deux trains GNL.

i) Unité 59 : Système d'Eau Déminéralisée et de Service

Le Système d'Eau est conçu pour recevoir, stocker et distribuer l'Eau de Service et l'Eau Déminéralisée. Il n'est acquis que l'eau fraîche reçue au périmètre de l'Installation et utilisée pour alimenter l'Ensemble de Traitement de l'Eau Déminéralisée à la qualité indiquée dans la Description de l'Utilité pour le Système de l'Eau Potable.

j) Unité 58 : Système d'Eau Potable

Le Système d'Eau Potable est conçu pour recevoir, stocker et distribuer l'eau fraîche utilisée comme Eau Potable et Eau de Service. Il est acquis que l'eau fraîche reçue au périmètre de l'Installation est potable et qu'aucun traitement supplémentaire ne sera demandé.

I.2.3.1.2. Unités de procédé :

1) Unité 11 : Conditionnement du Gaz d'Alimentation

L'Unité de Conditionnement du Gaz d'Alimentation comprend la Compression du Gaz d'Alimentation et la section d'élimination du mercure.

Les objectifs principaux de l'unité de Traitement du Gaz d'Alimentation sont :

- Maintenir une pression constante.
- Augmenter la pression du gaz naturel à 69,1 bars.
- Réduire la teneur en mercure du gaz d'alimentation.

2) Unité 12 : Élimination du CO₂

L'objectif de l'Unité d'Élimination des Gaz Acides est de réduire le contenu de CO₂ dans le gaz d'alimentation provenant du système d'Élimination de Mercure (Unité 11) à une concentration inférieure à 50 ppm vol. Ce processus de décarbonatation est réalisé dans le but de satisfaire les spécifications de vente du GNL et pour éviter d'endommager les équipements en aval. En effet, le CO₂ peut geler à basse température, causant ainsi des blocages potentiels dans la section cryogénique.

3) Unité 13 : Déshydratation de Gaz

L'unité de Déshydratation est conçue pour éliminer l'eau du gaz d'alimentation afin d'éviter la congélation de l'eau dans les unités cryogéniques en aval. L'unité se base sur une configuration à trois lits. Deux lits fonctionnent en mode adsorption tandis que le troisième fonctionne en mode régénération ou en standby.

La Régénération est effectuée en utilisant le gaz combustible.

4) Unité 17 : Récupération des GNL et Fractionnement

L'unité 17 traite le gaz sec provenant de l'Unité de Déshydratation du Gaz (Unité 13) pour :

- Récupérer le méthane (Gaz Naturel) de l'alimentation en gaz naturel qui est envoyé à l'unité de liquéfaction (unité15) pour obtenir le GNL (Gaz Naturel Liquéfié).
- Fractionner les hydrocarbures plus lourds qui ont été extrait du gaz d'alimentation, afin de produire : Éthane, Propane, Butane, Pentane et Gazoline.
- Cette Unité est divisée suivant les sections suivantes :
 - Déméthaniseur et Compression du Gaz Résiduel.
 - Dééthaniseur.
 - Dépropaniseur.
 - Débutaniseur.

5) Unité 15/16 : Liquéfaction et réfrigération

L'objectif des Unités 15 et 16 de Liquéfaction et de Réfrigération est de produire :

- Du Gaz Naturel Liquéfié (GNL), avec une qualité correspondant aux spécifications des marchés.
- Un courant d'Hélium Brut Le gaz qui, après prétraitement, alimente l'Unité 15, est dépourvu des principales impuretés, telles que :
 - L'eau (unité13).
 - Le dioxyde de carbone (unité12).
 - Les hydrocarbures lourds (unité 17).
 - Le mercure (unité 11).

De ce fait, ces impuretés ne gèlent pas à basse température et n'endommagent ni l'EchangeurCryogénique Principal (MCHE), ni la boîte froide.La réfrigération utilisée pour refroidir et liquéfier le gaz naturel est fournie par deux systèmes séparés, mais interdépendants :

- Système de Réfrigérant Propane (PR) qui fournit une capacité de refroidissement allant jusqu'à -35°C pour les deux circuits (Gaz Naturel et Réfrigérant Mixte).
- Système de Réfrigérant Mixte (MR) qui permet d'obtenir une réfrigération à plus basse température pour produire du GNL dans le MCHE.

6) Unité 14 : Système du Gaz Combustible (Train 1)

Le système de gaz combustible est conçu pour alimenter et distribuer le gaz combustible HP à 26 bars et le gaz combustible BP à 6 bars aux utilisateurs vers leur périmètre d'installation à travers l'Usine. L'usine de liquéfaction GNL/3 prévoit deux types différents de système de gaz combustible :

- Un système de gaz combustible à l'intérieur de chaque train de liquéfaction (Unité 14 pour les utilisateurs à l'intérieur du Train 1).
- Un système de gaz combustible commun au Train 1 et au futur Train 2 pour lesutilisateurs Off-site/communs.

7) Unité 18 : Système de l’Huile Chaude

Le Système de l’huile chaude du Train de GPL fournit le réchauffement à deux niveaux de température différents haute et basse.

8) Unité 19 : Système de Refroidissement à l’Eau

L’élimination de la chaleur de la machinerie à l’intérieur du Train1 GNL est obtenue en utilisant de l’eau de refroidissement tempérée.

I.2.3.1.3. Unités OFF-SITES :

a) Unité 71 : Système de stockage et de chargement de GNL

Le Système de Chargement et Stockage du GNL est conçu pour fournir le stockage du produit et les installations d’exportations adéquates pour permettre la production continue provenant des trains de procédé du GNL au débit nominal avec un chargement intermittent des bateaux. Initialement seulement un train GNL est installé.

b) Unité 72: Réfrigération, stockage et chargement de GPL

L’installation de Chargement et Stockage de GPL fournit la capacité de stockage et d’exportation aux produits Propane (C3) et Butane (C4). L’installation est conçue pour recevoir les produits GPL provenant des deux trains de procédé de récupération et fractionnement du GNL initialement seulement un train GNL est installé.

c) Unité 75: Système de torche

Le système de la torche est installé et dimensionné pour faire face à l’opération des deux trains GNL (un train futur). Le système fournit des moyens sûrs et fiables d’élimination des vapeurs d’hydrocarbure et des liquides légers provenant des défaillances de situations d’urgence ou de trouble.

Le système gère aussi les décharges des hydrocarbures à partir des conditions de fonctionnement telles que le démarrage, l’évent et le drainage de l’équipement et/ou du piping.

d) Unité 73: Stockage du réfrigérant

Le système de stockage du réfrigérant est conçu pour le support et le fonctionnement du train GNL. L'installation fournit la capacité de stockage et transfert pour l'Ethane utilisé.

Dans le Système du Réfrigérant Mixte (MR) et pour le Propane utilisé dans les circuits de Propane (Unité 16 et 17) et pour le Circuit de Réfrigération MR (Unités 16).

e) Unité 76 : Système de stockage de la gazoline

Le Système de Stockage de la Gazoline est conçu pour recevoir et stocker la Gazoline produite par les deux trains de procédé de fractionnement et récupération du GNL.

Initialement seulement un train GNL est installé. A partir du stockage, la gazoline est pompée en mode batch et mesurée avant d'être exportée au périmètre de l'installation existant.

I.3. Description de procédé :

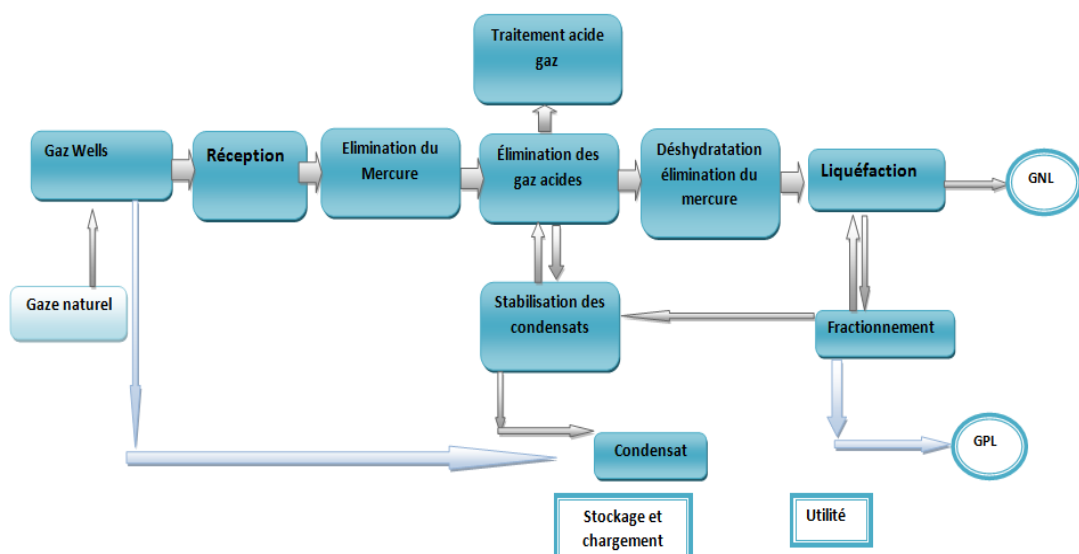


Figure I-4: Schéma fonctionnel général GNL

Chapitre I : synthèse bibliographique [présentation du complexe GNL3/Z]

Le gaz naturel brut passe dans un ballon (filtre) pour éliminer les impuretés solides et le liquide lourds, puis quantifié dans un système de comptage à débit mètres ultrasonique.

La pression est stabilisée à l'aide d'une vanne de régulation à 40 bars, cette pression sera augmentée à 69 bars dans un compresseur entré par une turbine à gaz.

Les impuretés contenues dans le gaz sont éliminées dans la section de traitement ou :

- ✓ le mercure est adsorbé sur un lit d'alumine imprégné par le soufre.
- ✓ le gaz carbonique (CO₂) est absorbé par une solution de MDEA (40%) dans une colonne à garnissage (la solution de MDEA est régénérée dans une colonne à garnissage par réchauffage).
- ✓ l'eau est éliminée dans deux étapes :
 - condensation à 20°C dans un échangeur à propane, puis séparation dans un ballon.
 - Adsorption dans des tamis moléculaires fonctionnent alternativement ; adsorption –régénération.

Le gaz traité est envoyé dans une colonne de distillation après refroidi au propane à -35°C afin de récupérer le méthane qui va être comprimé via un turbocompresseur et pré refroidi dans une série d'échangeur bobiné appelé « échangeur principal » à -152°C. Après deux détente en série, le méthane est liquéfié à -162°C en récupérant l'hélium et l'azote.

La charge lourde du fond du déméthaniser est envoyée vers une série de colonne assurant la récupération de l'éthane, le propane, le butane et la gazoline.

Chapitre II :

Partie pratique

II.1. Introduction :

L'unité 17 traite le gaz sec provenant de l'unité de déshydratation du gaz (Unité 13) pour récupérer le méthane de l'alimentation en gaz naturel, qui est envoyé à l'unité de liquéfaction (unité15) pour obtenir le GNL (Gaz Naturel Liquéfié).Puis fractionner les hydrocarbures plus lourds extraits du gaz d'alimentation afin de produire éthane. Une partie est utilisée comme gaz combustible et l'autre est transférée vers l'usine d'éthylène, le propane est utilisé en tant que réfrigérant dans l'unité 16 de réfrigération, le butane est stocké en tant que produit ou réinjecté dans le circuit du réfrigérant Mixte, pentane est envoyé à l'unité 18 et la gazoline est stockée en tant que produit.

L'objectif de l'unité de récupération et de fractionnement des GNL est de préparer une alimentation en gaz naturel traité pour l'unité de liquéfaction à travers l'échangeur de chaleur cryogénique principal et ainsi, produire du GNL. Pour cela, les hydrocarbures lourds sont tout d'abord extraits de l'alimentation en gaz naturel. Ces derniers peuvent se geler s'ils sont soumis à des températures basses et pourraient ainsi provoquer le blocage de l'échangeur de chaleur cryogénique principal.



Figure II-1: Vu d'ensemble de la Récupération et Fractionnement des GNL

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

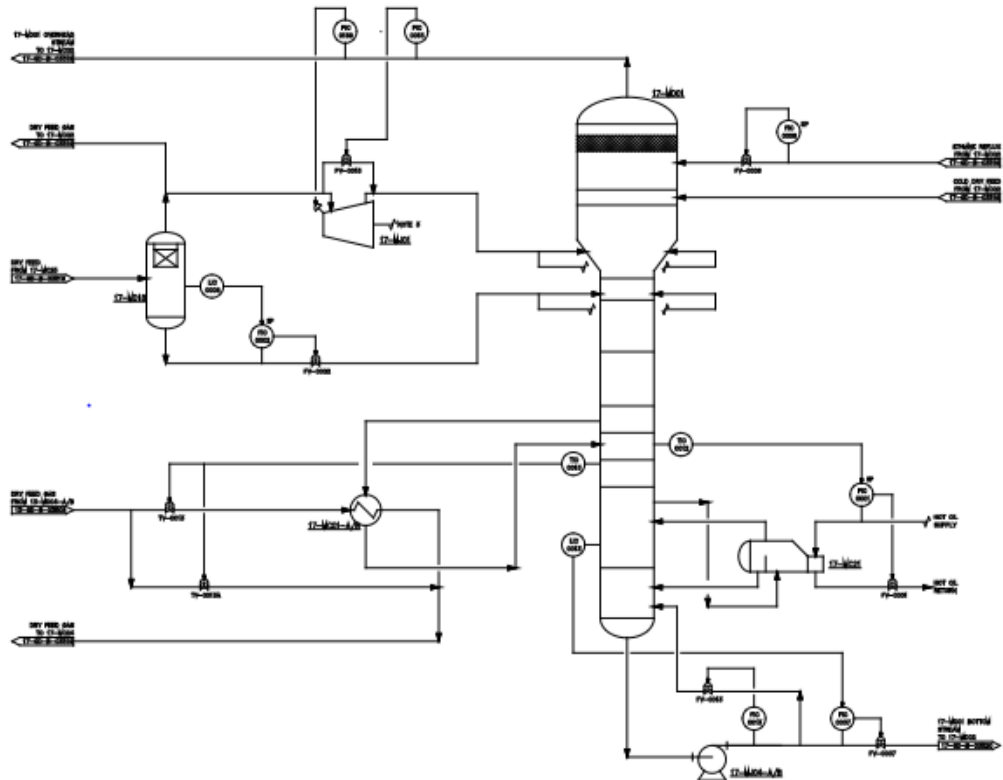
Les conditions des limites de sortie et d'entrée de batterie d'échangeurs sont en tableau 1 :

TableauII-1:Conditions Limites de Batterie de Procédé de l'Unité

	Gaz d'Alimentation traité	Vapeur de propane	Recyclage d'Excès de BOG
Pression [barg]			
Minimum	61,9	3,5	26
Normale	61,9	7,8	26
Maximale	61,9	14,6	26
Température (°C)			
Minimale	21,4	-2,3	34,3
Normale	21,5	21,7	34,3
Maximale	26,6	45	60
	Ethane traité à nouveau (NNF)	Propane traité à nouveau (NNF)	Mise sous Pression du Gaz Combustible BP
Pression [barg]			
Minimum	33.4	21.9 4.5	
Normale	-	21.9	5
Maximale	59.5	21.9	5.5
Température (°C)			
Minimale	-	-42	50
Normale	-11.7	-39	105
Maximale	-5	-2.1	110
	Gaz résiduel vers l'unité15	Ethane vers l'Unité 73 (NNF)	Appoint de vapeur d'éthane
Pression [barg]			
Minimum	32.9	30.5	32.5
Normale	72.7	31	32.5
Maximale	72.7	36.7	32.5
Température (°C)			
Minimale	-18.1	9.7	12.2
Normale	29.8	10	312.2
Maximale	43.2	10	12.2
	Ethane vers l'Unité 14(NNF)	Export d'éthane	Réinjection de GPL vers l'Unité 15
Pression [barg]			
Minimum	32.5	31	72.7
Normale	32.5	31	72.7
Maximale	32.5	31	72.7
Température (°C)			
Minimale	12.2	11.4	54.9
Normale	12.2	11.4	54.9
Maximale	12.2	11.4	59.4

II.2. Description du procédé :

L'unité de fractionnement (17) est composée de la section de déméthanisation pour séparer le C1 du mélange gazeux (figure2)



FigureII-2: Schéma du Déméthániseur

Le gaz d'alimentation traité à 62,9 bars a et à 21,5 °C provenant de la section de Déshydratation (Unité 13) est pré-refrigéré à 5,3°C dans les rebouilleurs latéraux. Ce dernier permet de récupérer l'énergie froide sur le côté de la colonne. La partie inférieure du Déméthániseur est chauffée par le rebouilleur du Déméthániseur (17MC21) grâce à l'huile chaude à 160°C fournie par le système d'huile Chaude. Le courant de fond du Déméthániseur à 18,5 °C est pompé et envoyé dans la section conique du Dééthániseur, via les Pompes du fond du Déméthániseur (17-MJ04A/B), de type centrifuge. La ligne de débit minimum des pompes de fond du Déméthániseur se détache et retourne dans la colonne du Déméthániseur. La section de Fractionnement des GN comprend les équipements suivants :

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

- La colonne du Dééthaniseur (17-MD02) avec le rebouilleur (17-MC07), condenseur à Propane (17-MC08), le ballon de reflux (17-MD03) et les pompes de reflux (17MJ05A/B) correspondantes.
- La colonne du Dépropaniseur (17-MD04) avec le rebouilleur (17-MC10), condenseur à air (17-MC11), le ballon de reflux (17-MD05) et les pompes de reflux (17-MJ06A/B) correspondantes.
- La colonne du Débutaniseur (17-MD06) avec le rebouilleur (17-MC12), condenseur à air (17-MC13), le ballon de reflux (17-MD07), Les pompes de reflux (17-MJ07A/B), les pompes de réinjection (17-MJ14A/B), le ballon de Soutirage de Pentane (17MD13) et les pompes de soutirage de Pentane (17-MJ11A/B).

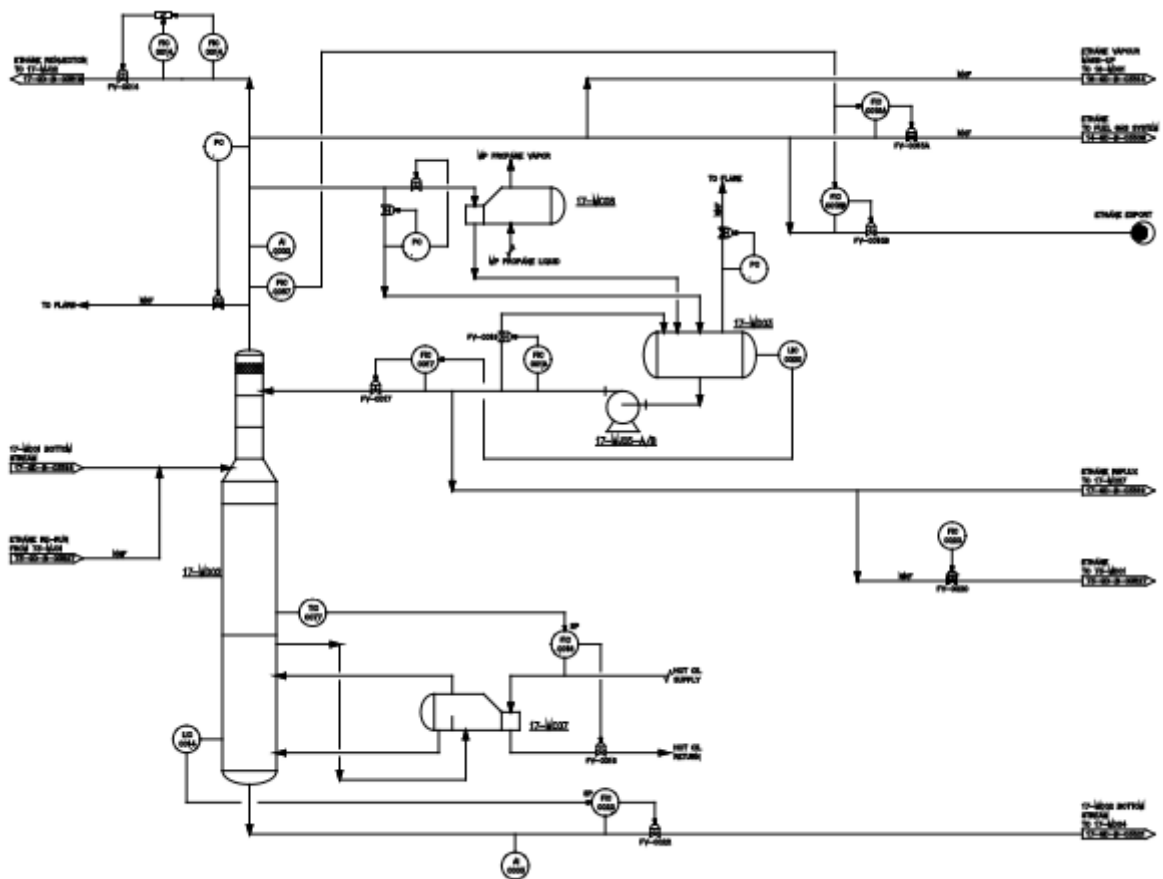


Figure II-3: schéma simplifié du Dééthaniseur

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité de fractionnement]

La Colonne du Dééthaniseur, qui fonctionne à 12,2°C/32.5 bars au sommet et 90,2°C/33.3 bars au fond, est conçue pour obtenir une récupération élevée d'éthane (la pureté minimum de C2 est de 96% molaire). La vapeur d'éthane peut être réinjectée dans le gaz résiduel afin d'être liquéfiée, une partie du gaz de tête est envoyée de façon discontinue en tant qu'appoint d'éthane, à la boucle de compression du réfrigérant mixte de l'unité 16 (16-MD01). Une partie du gaz de tête sera exportée à la future usine de séparation hydraulique d'Ethane qui sera construite à Arzew.

La section inférieure du Dééthaniseur est chauffée par le rebouilleur du Dééthaniseur (17MC07), un rebouilleur à baquet utilisant l'huile chaude à 260°C comme moyen de chauffage. La pression du courant de fond du Dééthaniseur est réduite à 17,6 bars puis envoyée au Dépropaniseur (17-MD04) sur le plateau 26 afin de séparer le C4 et les composants les plus lourds de l'alimentation en propane (figure 4).

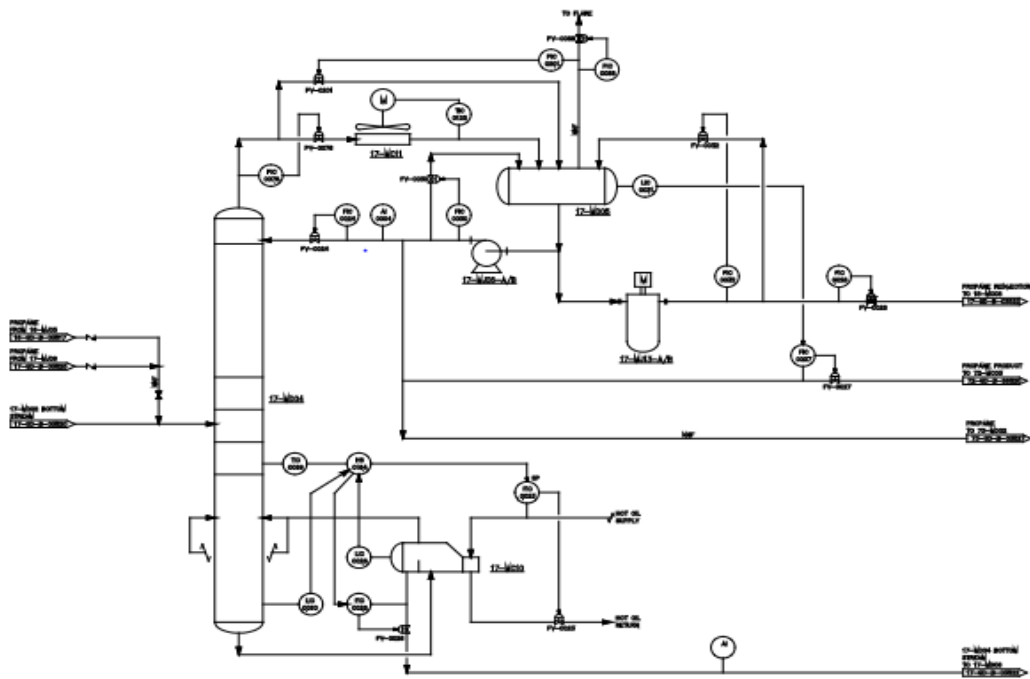


Figure II-4: schéma simplifié du Dépropaniseur

La colonne du Dépropaniseur (17-MD04), qui fonctionne à 48,0°C et 16.7 bars au sommet et 102,6°C et 17.3 bars au fond, est conçue pour produire du propane à partir de la fraction de C4 contenue dans les GNL. De plus, le Dépropaniseur est conçu pour fournir un réfrigérant propane, nécessaire pour faire l'appoint de Propane Auxiliaire, de Propane principal et des circuits MR. Le débit du reflux allant au Dépropaniseur est fixé à 189

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

m³/h. La colonne du Débutaniseur (17-MD06) est conçue pour obtenir un produit de tête de butanes mélangés (la pureté de fraction minimum de C4 est de 97,99% molaire) et des produits de pentanes/gazoline depuis le côté/le fond de la colonne (figure 5).

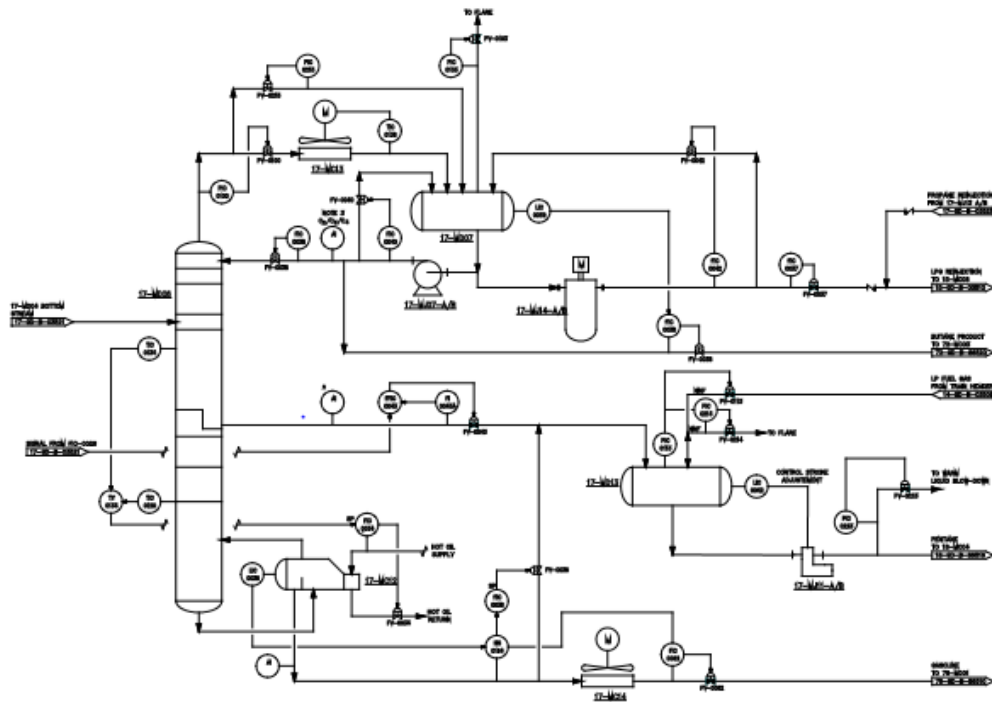


Figure II-5: Schéma simplifié Débutaniseur

En cas de présence de C6 dans l'alimentation de la colonne (uniquement pour le cas lourd), le C5 est extrait sous forme de courant latéral et la gazoline est extraite sous forme de courant de fond ; sinon, aucun courant latéral n'est extrait et le C5 est extrait sous forme de courant de fond. Pour les compositions de Cas Léger, le Débutaniseur est hors service. Le courant de fond du Dépropaniseur (17-MD04) à 101°C est réduit et une pression de 5,1 bars. Il alimente ensuite le Débutaniseur (17-MD06) sur le plateau 16 afin de séparer les butanes des composants plus lourds (pentanes et gazoline).

II.3.L'unité de réfrigération

L'unité de réfrigération, stockage et chargement de gaz de pétrole liquéfié (GPL) (Unité 72) se compose de deux parties : l'installation de Stockage et de Chargement de GPL et la section de réfrigération de GPL. L'installation de stockage et de chargement de GPL permet de stocker et d'exporter les produits Propane (C₃) et Butane(C₄).Le but de la section

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

de éfrigération de GPL est de récupérer les gaz évaporés (*Boil Off Gas*, BOG) du Propane par compression, et de refroidir les produits Propane et Butane provenant du train de procédé. Les produits Propane et Butane refroidis dans la section de réfrigération de GPL sont envoyés aux réservoirs de stockage de GPL. Les systèmes de pompage, comptage et tuyauterie acheminent le produit GPL de l'installation de stockage vers les collecteurs principaux existants pour le chargement des navires au niveau de la jetée M6 ou D1. Le Propane et le Butane ne peuvent être chargés simultanément vers la même jetée ; ils peuvent en revanche être chargés simultanément vers des jetées différentes. La composition du GPL au niveau de la ligne de transfert de GPL selon les différents cas opératoires est indiquée dans les tableaux suivant 2 et 3:

Tableau II-2: Débit (composition du C3) du Courant d'Alimentation de GPL (Unité 72)

variable opératoire	Unité	cas léger		cas base		cas lourd	
		21°C	38°C	21°C	38°C	21°C	38°C
débit massique normale	t/h	9,1	7,5	41,2	27,4	48,8	38,8
Hélium	mol%	0	0	0	0	0	0
Azote	mol%	0	0	0	0	0	0
Méthane	mol%	0	0	0	0	0	0
Ethane	mol%	0	0	0	0	0	0
Propane	mol%	99,7	99,7	99,7	99,7	99,4	99,7
i-butane	mol%	0	0	0	0	0,3	0
n-butane	mol%	0	0	0	0	0	0
i-pentane	mol%	0	0	0	0	0	0
n-pentane	mol%	0	0	0	0	0	0
C6+	mol%	0	0	0	0	0	0
CO2	mol%	0	0	0	0	0	0
H2O	mol%	0	0	0	0	0	0

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

TableauII-3: Débit (composition du C4) du Courant d'Alimentation de GPL (Unité 72)

variable opératoire	Unité	cas léger		cas base		cas lourd	
		21°C	38°C	21°C	38°C	21°C	38°C
débit massique normale	t/h	0	0	9	6	19	15.2
Hélium	mol%	0	0	0	0	0	0
Azote	mol%	0	0	0	0	0	0
Méthane	mol%	0	0	0	0	0	0
Ethane	mol%	0	0	0	0	0	0
Propane	mol%	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1
i-butane	mol%	0	0	42,3	42,4	35,9	36,9
n-butane	mol%	0	0	57,6	57,5	63	62,9
i-pentane	mol%	0	0	0	0	1	0.1
n-pentane	mol%	0	0	0	0	0	0
C6+	mol%	0	0	0	0	0	0
CO ₂	mol%	0	0	0	0	0	0
H ₂ O	mol%	0	0	0	0	0	0

II.4. Description du procédé

Le procédé de l'unité 72 se divise en deux sections principales :

II.4.1. Section de Réfrigération du GPL :

Les produits Butane et Propane provenant des collecteurs de transfert sont refroidis dans le système de réfrigération de GPL. Dans ce système de réfrigération de GPL, une partie du Propane liquide et tout le Butane provenant du train de procédé sont envoyés vers l'échangeur HP Propane/Butane (72-MC03). Le Propane est envoyé vers l'échangeur 72-MC03 côté calandre, où il est utilisé comme réfrigérant pour le refroidissement du Butane ; quant au transfert de Butane, il alimente l'échangeur 72-MC03 côté tube. Le reste du Propane liquide provenant du train de procédé alimente le Ballon d'aspiration du Compresseur de gaz évaporés de Propane HP (72-MD04) et produit ainsi des vapeurs de Propane détendu. Les vapeurs de Propane générées par le refroidissement du Butane (provenant de l'échangeur 72-MC03) sont également envoyées vers le ballon d'aspiration du compresseur de gaz évaporés de Propane HP (72-MD04), mélangées avec les vapeurs de Propane générées par la

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité de fractionnement]

détente, puis acheminées vers l'Ensemble du compresseur de gaz évaporés (BOG) du réservoir de stockage de Propane 2° étage(72-MJ10).

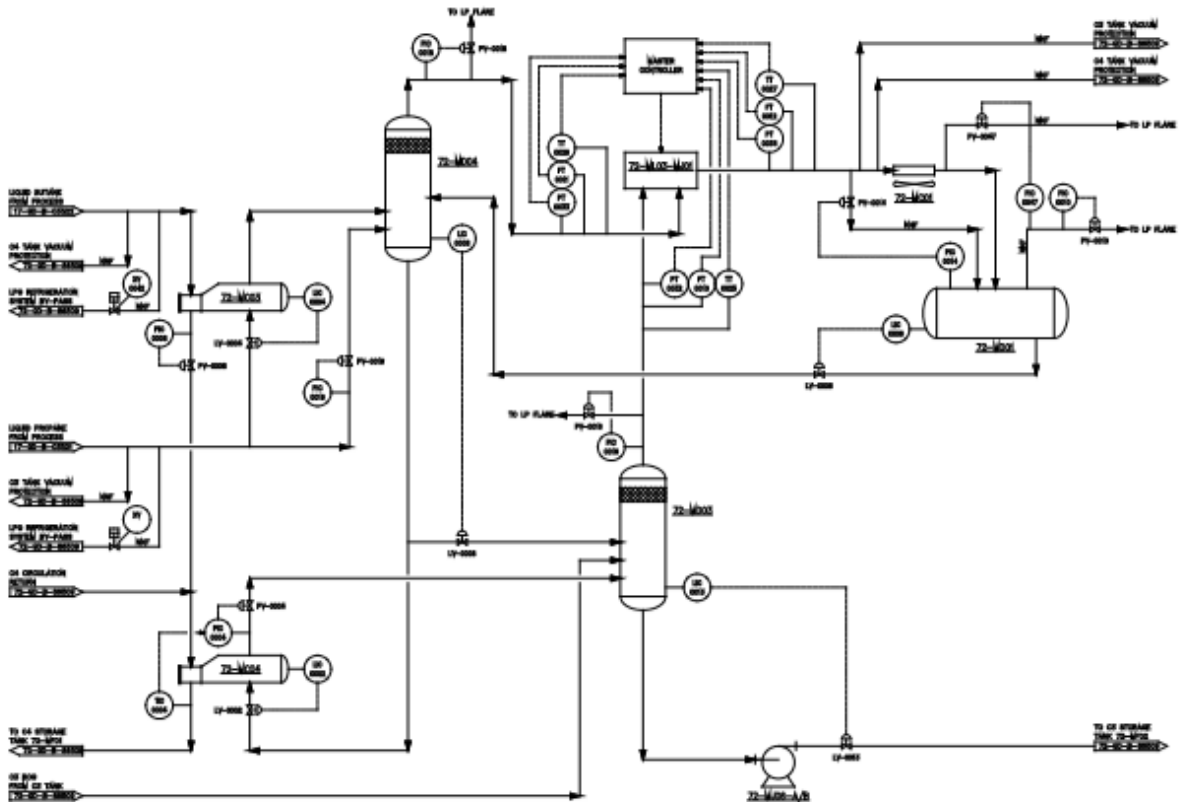


Figure II-6L'unité de Réfrigération, Stockage et Chargement de GPL

Le Propane liquide séparé dans le ballon d'aspiration du compresseur de gaz évaporés de Propane HP (72- MD04) est envoyé vers le ballon d'aspiration du Compresseur de Gaz Evaporés de Propane BP (72-MD03), où il est détendu et produit des vapeurs de Propane détendu. Une partie du Propane liquide provenant du ballon d'aspiration du compresseur de gaz évaporés de Propane HP (72- MD04) est envoyé vers l'échangeur BP Propane/Butane (72-MC04) côté calandre, où il est utilisé comme réfrigérant pour le sous- refroidissement du Butane.

Le Butane refroidi provenant de l'échangeur HP Propane/Butane (72-MC03) est envoyé vers l'échangeur BP Propane/Butane (72-MC04) côté tube. Le produit Butane chaud d'une part, et le liquide de circulation froid des lignes de chargement/circulation de Butane d'autre part sont

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

refroidis dans l'échangeur BP Propane/Butane (72-MC04). Le Butane liquide sous-refroidi provenant de l'échangeur BP Propane/Butane (72-MC04) est transféré vers le Réservoir de stockage de Butane (72-MF01). Les vapeurs de Propane générées par le sous refroidissement du Butane provenant de l'échangeur 72- MC04 sont également envoyées vers le ballon d'aspiration du compresseur de gaz évaporés de Propane BP (72-MD03), mélangées avec les vapeurs de Propane générée par la détente, puis acheminées vers les ensembles du compresseur de gaz évaporés (BOG) du réservoir de stockage de Propane 1^{er} étage (72-MJ09-A/B). Les BOG de Propane générés lors du mode « attente» provenant du réservoir de stockage de Propane (72-MF02) sont également envoyés vers le ballon d'aspiration du compresseur de gaz évaporés de Propane BP (72-MD03). Le Propane liquide séparé dans le ballon d'aspiration du compresseur de gaz évaporés de Propane BP (72-MD03) est transféré au réservoir de stockage de Propane (72-MF02) au moyen des Pompes de Transfert de Propane (72-MJ06-A/B, l'une en fonction et l'autre en attente). Les vapeurs de Propane comprimé sont condensées au moyen du condenseur des vapeurs du réservoir de stockage de Propane (72-MC01) de l'échangeur refroidi à l'air. Le Propane condensé provenant du condenseur des vapeurs du réservoir de stockage Propane (72-MC01) est transféré sous l'effet de la gravité vers l'accumulateur de Propane liquide (72-MD01). Le Propane liquide collecté à partir de l'accumulateur de Propane liquide (72-MD01) est envoyé vers le ballon d'aspiration du compresseur de gaz évaporés de Propane HP (72-MD04), où il est détendu puis fait circuler à nouveau à travers le procédé de refroidissement de GPL. Une partie du Propane liquide collecté depuis l'accumulateur de Propane liquide (72-MD01) est envoyée vers le

Le refroidisseur d'huile (72-MJ10-MC02) coté calandre pour le refroidissement de l'huile de lubrification à l'aide des pompes de circulation du compresseur de gaz évaporés (BOG) de l'accumulateur de Propane (72-MJ13-A/B). Le Propane vaporisé provenant du refroidisseur d'huile (72-MJ10-MC02) côté calandre est envoyé vers le refoulement de l'ensemble du compresseur de gaz évaporés (BOG) du réservoir de stockage de Propane 2^e étage (72-MJ10).

II.4.2. Système de stockage et chargement du GPL :

Les produits Butane et Propane liquides provenant du système de réfrigération de GPL sont détendus légèrement au-dessus de la pression atmosphérique respectivement dans le réservoir de stockage de Butane (72-MF01) et dans le réservoir de stockage de Propane (72-MF02) lors des modes opératoires « chargement » et « attente ». Le C₄ et le C₃ sont stockés jusqu'à ce qu'un navire soit prêt à recevoir les produits pour le transport. Les lignes de chargement et de circulation du GPL fonctionnent de deux façons différentes.

II.5. Problématique

La qualité actuelle du produit propane est supérieure à celle exigée par les clients. En effet, le propane est stocké dans l'unité 72 avec une pureté de 99,99% alors que le marché exige du propane commercialisé avec un taux de pureté de 98%. Dans ce travail nous allons optimiser via le simulateur HYSYS cette qualité d'une façon à rapprocher aux exigences commerciales. D'une autre part, nous allons étudier l'influence de cette modification sur le fonctionnement de l'unité de réfrigération du propane, notamment le comportement des compresseur de récupération de BOG du bac et du flash des ballons de détente. L'étude sera basée sur l'ad ajustement dans paramètres de fonctionnement dans colonnes de fractionnement, optimisant la qualité du propane, le complexe gagnera en quantité et en énergie.

Pour que le logiciel HYSYS puisse résoudre le schéma de procédé et/ ou même dimensionner quelques équipements de ce procédé, l'utilisateur doit au préalable procéder aux :

- Choix des composés ; spécifier les constituants du gaz, du liquide ou du mélange.
- Choisir un modèle thermodynamique convenable.
- Etablir le schéma PFD de la section d'étude.
- Spécifier les paramètres nécessaires pour le calcul de chaque opération unitaire.
- Spécification des courants et des unités :
 - HYSYS résout le schéma de procédé.

- HYSYS peut aussi dimensionner quelques équipements.

II.6. Simulation du procédé de réfrigération, stockage et chargement :

Cette simulation a été réalisée par le simulateur de procédé ASPEN HYSYS afin de présenter les principaux paramètres de fonctionnement pris en compte lors la conception initiale, ainsi que pour effectuer une comparaison et vérification avec le cas désigne récoltes de site.

II.6.1. Simulation de l'unité 72 :

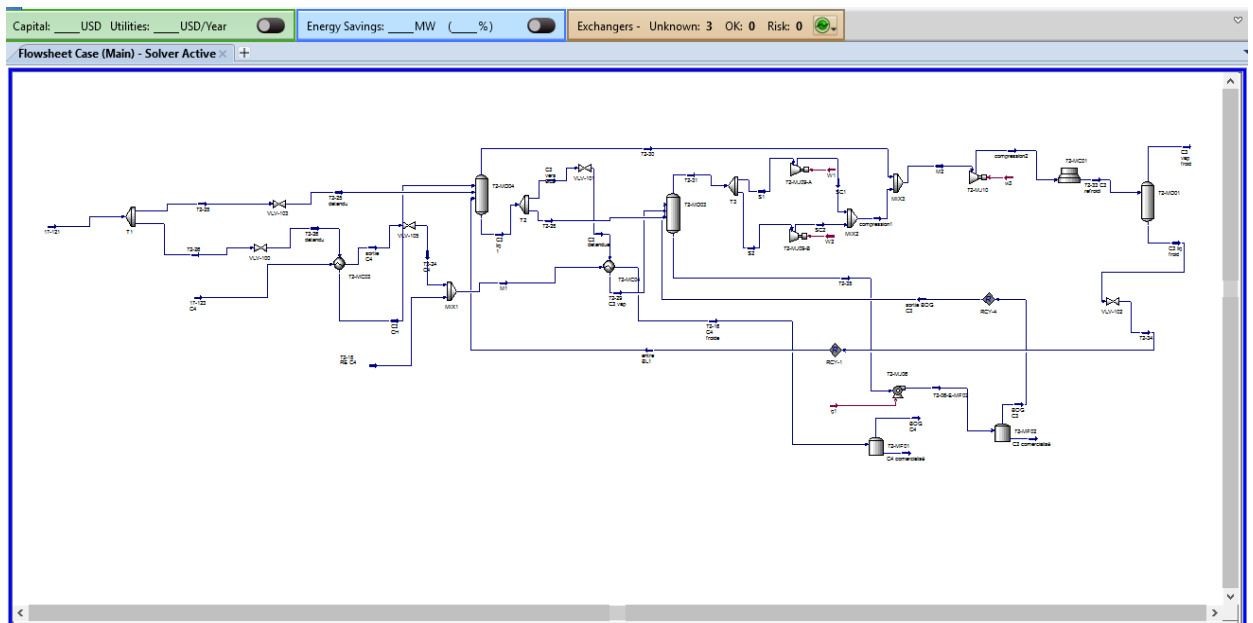


Figure II-7: PFD de la simulation section de réfrigération

II.7. Conditions opératoires des courants entrants et sortants de GPL dans la section de réfrigération :

Les spécifications des courants entrants et sortants de GPL dans la section de réfrigération correspondants du cas de base 21°C (cas désigne).

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

Les paramètres d'entrée et sortie de l'unité 72 : le débit, la température, la pression et la composition de la charge d'alimentation sont présentées dans les tableaux 6 et 7 (cas désigné et cas désigné simulé) :

Tableau II-4: comparaison entre cas désigné et cas désigné simulé des courants entrants et sortants de GPL dans la section de réfrigération cas design

	Butane cas désigné simulé		Butane cas désigné	
	Entrant	Sortant	Entrant	Sortant
Fraction du vapeur	0	0	0	0
Température (°C)	45,73	-4,46	45,73	-4,459
Pression (bars)	8,7	1,3	8,7	1,3
Débit molaire (kg mol/h)	154,8	3196	154,8	3197
Composants				
Méthane	0	0	0	0
Ethane	0	0	0	0
Propane	0,001	0,001	0,001	0,001
Butane	0,998	0,9697	0,999	0,9974
Pentane	0	0,0029	0	0,0016

Tableau II-5 : comparaison entre cas désigné et cas désigné simulé des courants entrants et sortants de GPL dans la section de réfrigération

	Propane cas désigné simulé		Propane cas désigné	
	Entrant	Sortant	Entrant	Sortant
Fraction du vapeur	0	0	0	0
Température (°C)	45,44	-41,65	45,44	-41,19
Pression (bar)	17	1.05	17	4.5
Débit molaire (kg mol/h)	934,2	933,8	934,2	934,1
Composants				
Méthane	0	0	0	0
Ethane	0,0031	0,0021	0,003	0,0028
Propane	0,9967	0,9976	0,9968	0,997
Butane	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Pentane	0	0	0	0

Interprétation des résultats :

D'après les deux tableaux, nous remarquons que les résultats du cas Simulé sont proches aux résultats du cas actuel, donc on peut dire que le modèle utilisé par notre simulateur nous donne des résultats satisfaisants et peut être généralisé pour étudier le cas optimisé.

II.7.1. Simulation de la section de fractionnement des Gaz naturel traité :

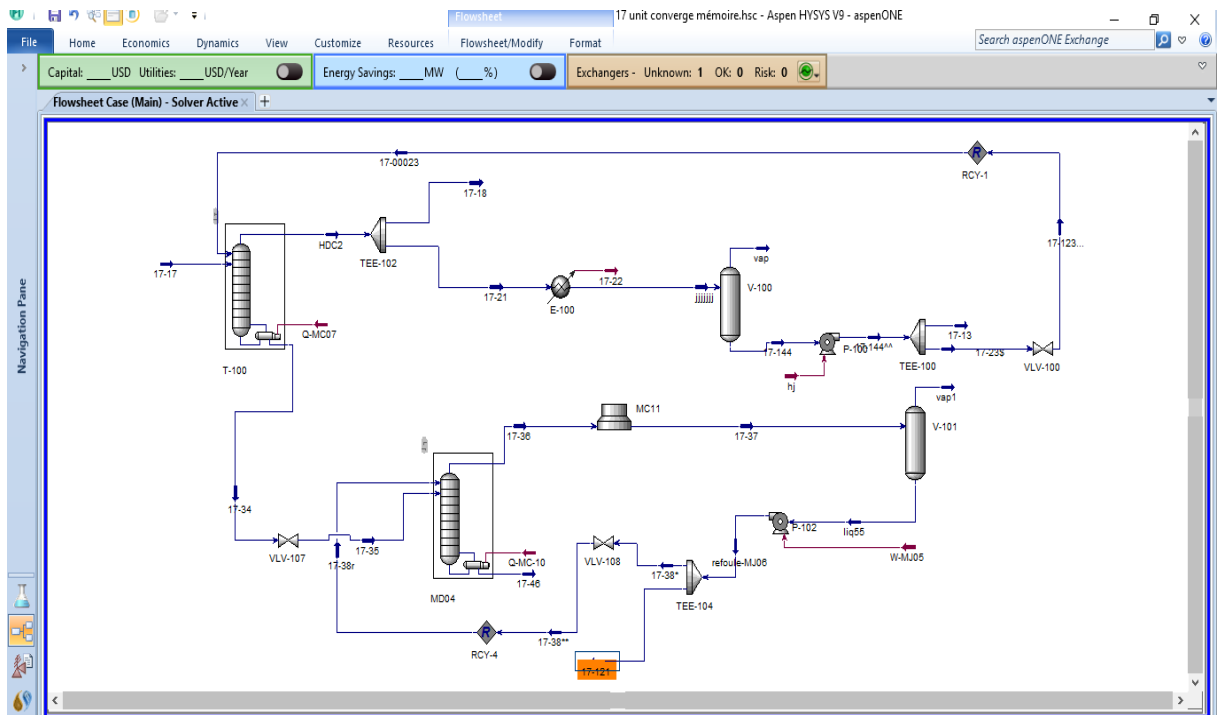


Figure II-8 : PFD de la simulation section de fractionnement (Déthanisneur /Dépropaniseur)

Le gaz GNT (gaz naturel traité) est introduit à une pression de 34.96 bars et une température de 19.78°C dans la colonne Déthaniseur, qui fonctionne à 12,2°C et 31.5 bars au sommet et 90,2°C et 32.3 bars au fond. La section inférieure de la colonne envoyée vers la colonne Dépropaniseur (17-MD04), qui fonctionne à 48,0°C et 15.7 bars au sommet et 102,6°C et 16.3 bars au fond.

II.8. Conditions opératoires des courants entrants et sortants de GNT dans la section de fractionnement :

Les spécifications des courants entrants et sortants de GNT dans la section de fractionnement correspondants du cas de base 21°C.

Les paramètres d'entrée sortie des colonnes Dépropaniseur et Déethaniseur : le débit, la température, la pression et la composition de la charge d'alimentation sont présentées dans les tableaux suivants (cas désigne et cas désigne simulé) :

Tableau II-6: comparaisons entre les cas désigne et le cas désigne simulé des courants entrants et sortants de GNT dans la Colonne Dépropaniseur

	Cas désigne simulé			Cas désigne		
	Entrant	Sortant		Entrant	Sortant	
		Tête	Fond		Tête	Fond
Fraction du vapeur	0.4466	1	0	0.452	1	0.401
Température (°C)	58.84	48.48	102	58.39	45.44	62.32
Pression (bar)	17.59	16.66	17.3	17.59	17	7.2
Débit molaire (kg mol/h)	1097	2896	168.3	1103.1	94.2	168.9
Composants						
Méthane	0	0	0	0	0	0
Ethane	0.0004	0.0016	0	0.0025	0.003	0
Propane	0.8493	0.9983	0.0202	0.8444	0.9968	0.0009
Butane	0.1378	0	0.7981	0.1403	0.002	0.9158
Pentane	0.0126	0	0.0735	0.0128	0	0.0833

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

Tableau II-7: comparaisons entre les cas désigne et le cas désigne simulé des courants entrants et sortants de GNT dans la Colonne Déethaniseur

	Cas désigne simulé			Cas désigne		
	Entrant	Sortant		Entrant	Sortant	
		Tête	Fond		Tête	Fond
Fraction du vapeur	0	1	0	0	1	0.452
Température (°C)	20	12.43	90.5	19.78	12.17	58.39
Pression (bar)	35	32.5	33.25	34.96	32.5	17.59
Débit molaire (kg mol/h)	4500	9932	1097	4508.7	9968.9	1103.1
Composants						
Méthane	0.0067	0.0084	0	0.0067	0.0089	0
Ethane	0.7492	0.9910	0.0004	0.749	0.9908	0.0025
Propane	0.2070	0	0.8493	0.2066	0.0001	0.8444
Butane	0.0335	0	0.1378	0.0344	0	0.1403
Pentane	0.0002	0	0.0126	0.0031	0	0.0128

Interprétation des résultats :

D'après les deux tableaux, nous remarquons que les résultats du cas Simulé sont proches aux résultats du cas actuel, donc on peut dire que le modèle utilisé par notre simulateur nous donne des résultats satisfaisants et peut être généralisé pour étudier le cas optimisé.

Remarque :

Dans le cas design tous les équipements sont supposés à l'état de marche normale. Dans notre cas (simulation de l'unité de fractionnement et l'unité de la réfrigération) les échangeurs et les compresseurs du B.O.G et de B.O.G recycle sont considérés en service. La défaillance de ces équipements entraine une perturbation de débit et de la composition de la charge dans l'unité de la réfrigération.

II.9. Présentation du projet :

Dans cette étapes du projet, nous avons étudions l'influence de la qualité du propane provenant du l'unité de fractionnement sur la section de la réfrigération. Cette étude comprend deux volets principaux :

II.9.1. Etude influence de la qualité du propane sur fonctionnement d'unité 72(réfrigération, stockage et chargement de GPL) :

Après la simulation du l'unité de réfrigération. Nous avons augmenté la fraction du l'éthane pour avoir une qualité optimale du propane. L'éthane c'est un produit léger par rapport la composition donc les compresseur du cette section ne peut pas comprimer par ce que l'éthane n'est pas son composant. Chaque fois on injection la fraction de l'éthane, nous avons un impact sur l'unité de réfrigération (les compresseurs).

Nous avons varié les compositions du l'entrée du l'unité de la réfrigération pour avoir la variation des compositions du sortie.

Tableau II-8 : Variation du C3 et C2(% molaire)dans la section de la réfrigération

Entrant		Sortant	
C2 (% molaire)	C3	C2	C3
0,0031	99,66	0,1	99,86
0,0041	99,56	0,13	99,83
0,0051	99,46	0,17	99,8
0,0061	99,36	0,20	99,77
0,0071	99,26	0,23	99,73
0,0081	99,16	0,26	99,70
0,0091	99,06	0,3	99,67
0,0101	98,96	0,33	99,64
0,0111	98,86	0,36	99,60
0,0121	98,76	0,4	99,57
0,0131	98,66	0,43	99,54
0,0141	99,56	0,46	99,5
0,0151	99,46	0,49	99,47
0,0161	99,36	0,53	99,44
0,0168	98,32	0,55	99,42

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

Nous avons remarquons que l'éthane augmente et propane diminue avec une faible mesure par rapport l'entrée et le butane reste constante avec une faible augmentation dans la sortie.

Nous concluons que la quantité d'éthane qui est sortie a diminué par rapport à ce que nous avons entré. Par ce que les équipements du l'unité 72 (réfrigération) est conçu sur la base du fait que le propane qu'il traverse. La composante minimale d'éthane c'est 0.0168 après cette valeur l'unité de la réfrigération est perturbée.

II.9.2. Ajustement les paramètres de la colonne Déethaniseur et Dépropaniseur pour avoir le propane optimal :

Diminuer la température du fond de la colonne Déethaniseur pour avoir les compositions du sortie du propane et l'éthane du la section du fractionnement (0.0168C2 et 0.9832C3).

Tableau II-9: Variation du la température au fond de la colonne Déethaniseur

Températures du fond du Déethaniseur	C2(%)	C3(%)
90,5	0,04	99,96
90,4	0,08	99,92
90,3	0,12	99,88
90,2	0,24	99,76
90,1	0,36	99,64
90	0,48	99,52
89,9	0,6	99,39
89,8	0,73	99,27
89,7	0,83	99,16
89,6	1,06	98,94
89,5	1,8	98,92
89,4	1,21	98,78
89,3	1,32	98,67
89,2	1,44	98,56
89,1	1,56	98,44
89	1,68	98,32

Chapitre II : partie pratique [section de l'unité du fractionnement]

On diminue la température fond du Déethaniseur de 90,5°C à 89°C : la fraction du propane diminue et la fraction de l'éthane augmente. Le design exige une fraction de 98,35% de pureté de C3 cela correspond à une température de 89 °C à la sortie du Déethaniseur, cette diminution de température dans le DC2 impacte sur la pureté de C3 à la sortie de tête du DC3 ou elle passe de 99,99% à 99,42%. Pour arriver à la fraction commerciale de C3 de 98%, nous devrions varier d'autres paramètres de l'unité hors du DC2 tel que la diminution du taux de compression du C3 dans la section de la réfrigération ou diminuer sa température de réfrigération.

Conclusion Générale

L'objectif de cette étude est l'optimisation de la qualité du propane destiné à la commercialisation en jouant sur les paramètres de fonctionnement des colonnes Déethaniseur et dépropaniseur, pour avoir une qualité satisfaisante sans impacter les installations en aval.

Notre étude nous a permis de bien comprendre le fonctionnement des deux unités de fractionnement et réfrigération du GPL. Nous avons fait un suivi des paramètres de fonctionnement de chaque unité durant notre période de stage.

L'étude a été réalisée en basant sur la simulation des deux procédés :

- Unité de réfrigération GPL : pour avoir la qualité Optimale du propane qui n'affecte pas le fonctionnement de cette unité.
- unité de fractionnement : exploiter le résultat obtenu dans la simulation précédente pour ajuster les paramètres de telle façon à avoir la qualité optimale du propane, notamment le taux de reflux et la température de rebouillage des colonnes, Déethaniseur et Dépropaniseur.

Les résultats de la simulation HYSYS des unités de réfrigération et du stockage du GPL nous ont révélé que pour une diminution de température de 90,5 °C à 89°C nous diminuons dans la pureté du C3 commercialisé de 99,99% à 99,42%. Pour arriver à la pureté minimale exigée par le marché, nous suggérons de varier d'autres paramètres en parallèle de la température du DC2 tel que la dépression dans la section de la réfrigération du C3 ou diminuer sa température de réfrigération.

Bibliographie

[1] manuel opératoire description fonctionnelle « principe fondamentale du procédé & d'exploitation » projet GNL3/Z 23 février 2012.

[2] manuel opératoire partie général projet GNL3/Z Mars 2012.

[3] manuel opératoire unité 72 « volume 2 stockage et chargement du GPL » projet GNL3/Z 30 juillet 2015.

[4] manuel opératoire unité 17 « volume 9 récupération et fractionnement du GNL » projet GNL3/Z 18 janvier 2018.

